

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

BEST AVAILABLE COPY

Aktenzeichen: 102 60 741.9

Anmeldetag: 23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Outokumpu Oyj, Espoo/FI

Bezeichnung: Verfahren und Anlage zur Wärmebehandlung
von feinkörnigen Feststoffen

IPC: B 01 J 8/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt C.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

VERFAHREN UND ANLAGE ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON FEINKÖRNICEN FESTSTOFFEN

5

Technisches Gebiet

10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen, insbesondere Gips, bei dem die Feststoffe in einem Reaktor mit Wirbelschicht auf eine Temperatur von 150 bis 1000 °C erhitzt werden, sowie eine entsprechende Anlage.

15 Derartige Verfahren und Anlagen werden u. a. bei der Kalzinierung von Gips zu wasserfreiem Anhydrit eingesetzt. Bisher wurden dafür Venturi-Wirbelschichten oder Wirbelschichten mit keramischem Lochboden als Luftverteiler genutzt. Dies ermöglichte jedoch nur einen kleinen Regelbereich. Bei Teillastbetrieb oder Abstellung der Anlage besteht zudem die Gefahr, dass die feinkörnigen Feststoffe trotz hohem mechanischem Aufwand für den Lochboden durch den Rost fallen.

20 Allgemein sind zur Wärmebehandlung von Feststoffen Reaktoren bekannt, deren Wirbelschicht entweder stationär oder zirkulierend ausgebildet ist. Allerdings ist die bei Anwendung einer stationären Wirbelschicht erzielte Energieausnutzung des Kalzinierungsschrittes verbesserungsbedürftig. Dies liegt insbesondere daran, dass der Stoff- und Wärmeaustausch aufgrund des vergleichsweise geringen Fluidisierungsgrades eher mäßig ist. Außerdem ist eine Feststoffvorwärmung in einen Suspensionswärmetauscher schlecht integrierbar, weil man die Fluidisierungsdüsen der stationären Wirbelschicht nur ungern mit staubhaltigen Gasen beaufschlagt. Demgegenüber weisen zirkulierende Wirbelschichten aufgrund des höheren Fluidisierungsgrades bessere Stoff- und Wärmeaustauschbedingungen auf und erlauben die Integration eines Suspensionswärme-

25

30

tauschers, sind jedoch aufgrund des höheren Fluidisierungsgrades hinsichtlich ihrer Feststoffverweilzeit beschränkt.

Beschreibung der Erfindung

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, bei der Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen die Wärme- und Stoffaustauschbedingungen zu verbessern.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein vorzugsweise zentral angeordnetes Gaszufuhrrohr (Zentralrohr) in eine Wirbelmischkammer des Reaktors eingeführt wird, wobei das Zentralrohr wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht umgeben wird, und bei dem die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Zentralrohr zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer zwischen 0,3 und 30 betragen.

15

20

25

30

Überraschenderweise lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Wärmebehandlung die Vorteile einer stationären Wirbelschicht, wie ausreichend lange Feststoffverweilzeit, und die einer zirkulären Wirbelschicht, wie guter Stoff- und Wärmeaustausch, unter Vermeidung der Nachteile beider Systeme miteinander verbinden. Beim Passieren des oberen Bereichs des Zentralrohrs reißt das erste Gas bzw. Gasgemisch Feststoff aus dem ringförmigen stationären Wirbelbett, welches als Ringwirbelschicht bezeichnet wird, bis in die Wirbelmischkammer mit, wobei sich aufgrund der hohen Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Feststoff und erstem Gas eine intensiv durchmischte Suspension bildet und ein optimaler Wärme- und Stoffaustausch zwischen den

beiden Phasen erreicht wird. Durch entsprechende Einstellung des Füllstandes in der Ringwirbelschicht sowie der Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases bzw. Gasgemisches und des Fluidisierungsgases kann die Feststoffbeladung der Suspension oberhalb des Mündungsbereiches des Zentralrohrs in weiten Bereichen variiert werden, so dass der Druckverlust des ersten Gases zwischen dem Mündungsbereich des Zentralrohrs und dem oberen Austritt der Wirbelmischkammer zwischen 1 mbar und 100 mbar liegen kann. Im Falle hoher Feststoffbeladungen der Suspension in der Wirbelmischkammer regnet ein Großteil der Feststoffe aus der Suspension aus und fällt in die Ringwirbelschicht zurück. Diese Rückführung wird interne Feststoffrezirkulation genannt, wobei der in dieser internen Kreislaufströmung zirkulierende Feststoffstrom normalerweise bedeutend größer als die dem Reaktor von außen zugeführte Feststoffmenge ist. Der (geringere) Anteil an nicht ausfallendem Feststoff wird zusammen mit dem ersten Gas bzw. Gasgemisch aus der Wirbelmischkammer ausgetragen. Die Verweilzeit des Feststoffs in dem Reaktor kann durch die Wahl von Höhe und Querschnittsfläche der Ringwirbelschicht in weiten Grenzen verändert und der angestrebten Wärmebehandlung angepasst werden. Aufgrund der hohen Feststoffbeladung einerseits und der guten Suspendierung des Feststoffs im Gasstrom andererseits ergeben sich oberhalb des Mündungsbereiches des Zentralrohrs hervorragende Bedingungen für guten Stoff- und Wärmeaustausch. Der mit dem Gasstrom aus dem Reaktor ausgetragene Anteil an Feststoff wird dem Reaktor vollständig oder zumindest teilweise wieder zurückgeführt, wobei die Rückführung zweckmäßigerweise in die stationäre Wirbelschicht erfolgt. Der auf diese Weise in die Ringwirbelschicht zurückgeführte Feststoffmassenstrom liegt normalerweise in der gleichen Größenordnung wie der dem Reaktor von außen zugeführte Feststoffmassenstrom. Abgesehen von der hervorragenden Energieausnutzung besteht ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Möglichkeit, durch Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten des ersten Gases bzw. Gasgemisches und des Fluidisierungsgases den Energie-

transfer des Verfahrens und den Stoffdurchsatz schnell, einfach und zuverlässig den Anforderungen anzupassen.

Um einen besonders effektiven Wärmeaustausch in der Wirbelmischkammer und eine ausreichende Verweilzeit in dem Reaktor sicherzustellen, werden die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gasgemisches und des Fluidisierungsgases für das Wirbelbett vorzugsweise derart eingestellt, dass die dimensionslose Partikel-Froude-Zahlen (Fr_p) in dem Zentralrohr 1,15 bis 20, in der Ringwirbelschicht 0,115 bis 1,15 und/oder in der Wirbelmischkammer 0,37 bis 3,7 betragen. Dabei sind die Partikel-Froude-Zahlen jeweils nach der folgenden Gleichung definiert:

$$Fr_p = \frac{u}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho_f) * d_p * g}{\rho_f}}}$$

mit

- u = effektive Geschwindigkeit der Gasströmung in m/s
- ρ_s = Dichte eines Feststoffpartikels in kg/m^3
- ρ_f = effektive Dichte des Fluidisierungsgases in kg/m^3
- d_p = mittlerer Durchmesser der beim Reaktorbetrieb vorliegenden Partikel des Reaktorinventars (bzw. der sich bildenden Teilchen) in m
- g = Gravitationskonstante in m/s^2 .

Bei der Anwendung dieser Gleichung gilt zu berücksichtigen, dass d_p nicht den mittleren Durchmesser (d_{50}) des eingesetzten Materials bezeichnet, sondern den mittleren Durchmesser des sich während des Betriebs des Reaktors bildenden Reaktorinventars, welcher von dem mittleren Durchmesser des eingesetzten Materials (Primärteilchen) signifikant in beide Richtungen abweichen kann. Auch aus sehr feinkörnigem Material mit einem mittleren Durchmesser von

bspw. 3 bis 10 μm können sich bspw. während der Wärmebehandlung Teilchen (Sekundärteilchen) mit einem mittleren Durchmesser von 20 bis 30 μm bilden. Andererseits zerfallen manche Materialien, bspw. Erze, während der Wärmebehandlung.

5

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, den Füllstand an Feststoff in dem Reaktor so einzustellen, dass sich die Ringwirbelschicht bspw. zumindest teilweise um einige Zentimeter über das obere Mündungsende des Zentralrohrs hinaus erstreckt und somit ständig Feststoff in das erste Gas oder Gasgemisch eingetragen und von dem Gasstrom zu der oberhalb des Mündungsbereichs des Zentralrohrs befindlichen Wirbelmischkammer mitgeführt wird. Auf diese Weise wird eine besonders hohe Feststoffbeladung der Suspension oberhalb des Mündungsbereiches des Zentralrohrs erreicht.

10

15

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann insbesondere feuchter Gips, wie bspw. REA-Gips, einer effektiven Wärmebehandlung ausgesetzt werden, um insbesondere wasserfreie Formen von Gips zu erhalten. Das Verfahren ist zur Herstellung von Anhydrit durch Kalzinierung besonders geeignet. Der verwendete feuchte Gips weist dabei eine feine Körnung auf, wobei allgemein die Korngröße zumindest des größten Anteils der Feststoffe kleiner als 0,2 mm ist. Weitere Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens liegen im Vorwärmen und/oder Kalzinieren von Erzen und mineralischen Rohstoffen in oxidierender Atmosphäre bei Temperaturen bis maximal etwa 1000 °C, falls eine Innenverbrennung nicht in Frage kommt, sowie in der Kalzinierung von Tonmineralien bei ca. 800 °C. Bei Temperaturen bis ca. 750 °C können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Übergangshydrate oder -oxide aus Aluminiumhydroxid hergestellt werden.

20

25

30

Die Erzeugung der für den Reaktorbetrieb notwendigen Wärmemenge kann auf jede dem Fachmann zu diesem Zweck bekannte Weise erfolgen, bspw. auch

durch Innenverbrennung in dem Reaktor. Um das erfindungsgemäße Verfahren auch zum Vorwärmen und Kalzinieren bei Temperaturen von bspw. etwa 750 °C verwenden zu können, bei denen eine Innenverbrennung von Brennstoff in dem Reaktor selbst nicht möglich ist, wird erfindungsgemäß der Einsatz einer außen-
5 liegenden Brennkammer zur Erzeugung der nötigen Prozesswärme und ein Wärmeübergang an das in dem Reaktor mit Ringwirbelschicht zu behandelnde Gut (bspw. Gips) vorgeschlagen. Dazu wird dem Reaktor über das Zentralrohr heißes Gas zugeführt wird, das in der vorgeschalteten Brennkammer durch
10 Verbrennung von zugeführtem gasförmigem, flüssigen und/oder festem Brennstoff ggf. unter Beimischung sauerstoffhaltigen Gases erzeugt wird. Je nach notwendigem Sauerstoffgehalt kann Luft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Gas, bspw. mit einem Sauerstoffgehalt von 15 bis 30%, beigemischt werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, nur einen Teil des Energiebedarfs durch
15 die Verbrennung von frischem Brennstoff zu generieren und den restlichen Teil durch die Zufuhr von heißen, brennstofffreien Abgasen aus einer nachgeschalteten Prozessstufe, bspw. einer Kühlung, oder anderen parallelen Prozessen abzudecken.

Als Gas zur Fluidisierung der Ringwirbelschicht wird dem Reaktor vorzugsweise
20 Luft zugeführt, wobei für diesen Zweck selbstverständlich auch alle anderen dem Fachmann zu diesem Zweck bekannten Gase bzw. Gasgemische verwendet werden können. Es kann auch vorteilhaft sein, entstaubtes und/oder gekühltes Abgas aus nachgeschalteten Prozessstufen oder anderen parallelen Prozessen so zu verdichten, dass es als Fluidisierungsgas für die Ringwirbelschicht
25 eingesetzt werden kann.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, den Reaktor bei einem Druck von 0.8 bis 10 bar und besonders bevorzugt bei Atmosphärendruck zu betreiben.

Dem Reaktor können eine oder mehrere Vorwärmstufen vorgeschaltet sein, in denen die Feststoffe, bspw. der feuchte Gips, vor der Wärmebehandlung in dem Reaktor in einer Vorwärmstufe suspendiert, getrocknet, vorgewärmt und/oder teilkalziniert werden, wobei zumindest ein Teil des Feuchtigkeitsgehaltes der Feststoffe entfernt wird. Vorzugsweise sind dem Reaktor zwei Vorwärmstufen, jeweils bestehend aus einem Wärmeaustauscher und einem nachgeschalteten Abscheider, vorgeschaltet, wobei das Material in dem ersten Wärmeaustauscher durch Abgas aus dem zweiten Wärmeaustauscher und das Material in dem zweiten Wärmeaustauscher durch Abgas aus dem Reaktor aufgewärmt wird. Beide Wärmetauscher sind vorzugsweise Suspensionswärmetauscher. Auf diese Weise wird der Gesamtenergiebedarf des Prozesses weiter reduziert.

Das Produkt wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren nach der Wärmebehandlung in dem Reaktor aus der Ringwirbelschicht des Reaktors und/oder einem dem Reaktor nachgeschalteten Abscheider zumindest teilweise einem Kühlsystem zugeführt, welches insbesondere aus einer Anordnung von mehreren nacheinandergeschalteten Kühlstufen besteht. In dem Abscheider, insbesondere einem dem Reaktor nachgeschalteten Zyklon, wird der mit dem durch das Zentralrohr führenden Gasstrom ausgetragene Feststoff (Produkt) abgetrennt. Dieser wird dann entweder direkt einer Kühlstufe zur weiteren Behandlung zugeführt oder über eine Feststoffrückführleitung wieder in die Ringwirbelschicht des Reaktors zurückgeführt, wobei auch ein Teil des in dem Abscheider abgetrennten Feststoffs in das Kühlsystem und der verbleibende Teil zurück in die Ringwirbelschicht gelangen kann. Ein wesentlicher Vorteil dieser flexiblen Feststoffrückführung liegt darin, dass die Feststoffbeladung der Suspension in dem Bereich der Wirbelmischkammer des Reaktors gezielt auf die Anforderungen des Prozesses eingestellt und sogar während des Betriebes je nach Bedarf geändert werden kann.

Zur Einstellung der Feststoffrückführung hat es sich in Weiterbildung des Erfindungsgedankens bewährt, den Druckverlust zwischen dem Zentralrohr und der zum Abscheider führenden Austrittsleitung des Reaktors zu messen und durch Variation der zurückgeführten Feststoffmenge zu regeln. Als besonders vorteilhaft hat sich dafür ein fluidisierter Zwischenbehälter mit nachgeschaltetem Dosierorgan, bspw. einer drehzahlvariablen Zellenradschleuse oder einem Walzendrehschieber, erwiesen, wobei der nicht zur Rückführung benötigte Feststoff bspw. mittels eines Überlaufs ausgeschleust und dem Kühlsystem zugeleitet werden kann. Die Feststoffrückführung trägt auf einfache Weise dazu bei, die Verfahrensbedingungen in dem Reaktor konstant zu halten und/oder die mittlere Verweildauer des Feststoffs in dem Reaktor zu einzustellen.

Eine schonende Kühlung des Produkts mit einem hohen Wärmeaustausch lässt sich in dem Kühlsystem erreichen, wenn das zu kühlende Produkt mindestens in einer, vorzugsweise der letzten Kühlstufe des Kühlsystem mindestens eine insbesondere stationäre Wirbelschicht ausbildet, in der es durch ein Fluidisierungsgas wie Luft gekühlt wird. Gerade in einer stationären Wirbelschicht kann eine lange Verweildauer und damit verbunden eine effektive Kühlung des Produkts durch das bspw. vorgekühlte Fluidisierungsgas vergleichsweise einfach erreicht werden. Zudem ist in einer stationären Wirbelschicht die mechanische Beanspruchung des Produkts vergleichsweise gering. Wenn allerdings eine besonders schnelle Kühlung erfolgen soll, kann auch eine Kühlstufe mit stationärer Wirbelschicht und Wirbelmischkammer, etwa entsprechend dem vorbeschriebenen Reaktor, verwendet werden. Damit lässt sich das erfindungsgemäße Prinzip der Verbindung von stationärer und zirkularer Ringwirbelschicht gemäß der vorliegenden Erfindung sowohl zur Erwärmung als auch zur Kühlung von feinkörnigen Feststoffen verwenden. Eine Kühlung tritt dann ein, wenn der Feststoff zu Beginn des Prozesses wärmer ist als der durch das Zentralrohr führende Gasstrom. Eine zusätzliche Kühlung lässt sich durch eine insbesonde-

re innerhalb der stationären Ringwirbelschicht ausgebildete Kühlschlange mit Kühlmedium, bspw. Wasser, erreichen.

5 Zur verbesserten Energieausnutzung ist vorgesehen, dass das in einer Kühlstufe zur Kühlung eingesetzte und dabei erwärmte Gas einer vorgeschalteten Kühlstufe, dem Reaktor, der Brennkammer und/oder einer Vorwärmstufe zugeführt wird. Es ist denkbar, das Gas kaskadenartig beginnend bei der letzten Kühlstufe, in der das zu kühlende Produkt bereits durch vorhergehende Kühlstufen vorgekühlt ist, durch mehrere oder alle vorhergehenden Kühlstufen zu führen. Da das Produkt in den vorhergehenden Kühlstufen jeweils noch wärmer ist, wird es in jeder der Kühlstufen weiter gekühlt und das zur Kühlung verwendeten Gas weiter erwärmt. Schließlich kann das erwärmte Gas dann der Brennkammer, dem Reaktor und/oder einer Vorwärmstufe zugeführt werden.

10 15 Eine erfindungsgemäße Anlage, welche insbesondere zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens geeignet ist, weist einen als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen, insbesondere Gips, auf, wobei der Reaktor ein Gaszuführungssystem aufweist, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht, die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer mitreißt. Vorzugsweise erstreckt sich dieses Gaszuführungssystem bis in die Wirbelmischkammer. Es ist jedoch auch möglich, das Gaszuführungssystem unterhalb der Oberfläche der Ringwirbelschicht enden zu lassen. Das Gas wird dann bspw. über seitliche Öffnungen in die Ringwirbelschicht eingebracht, wobei es aufgrund seiner Strömungsgeschwindigkeit Feststoff aus der Ringwirbelschicht in die Wirbelmischkammer mitreißt.

20 25 30 Erfindungsgemäß weist das Gaszuführungssystem vorzugsweise ein sich vom unteren Bereich des Reaktors im Wesentlichen vertikal nach oben vorzugsweise

bis in die Wirbelmischkammer des Reaktors erstreckendes Zentralrohr auf, welches von einer wenigstens teilweise um das Zentralrohr herumführenden Kammer umgeben ist, in der die stationäre Ringwirbelschicht ausgebildet ist. Das Zentralrohr kann an seiner Austrittsöffnung als Düse ausgebildet sein und/oder eine oder mehrere, verteilt angeordnete Öffnungen in seiner Mantelfläche aufweisen, so dass während des Reaktorbetriebs ständig Feststoff über die Öffnungen in das Zentralrohr gelangt und mit dem ersten Gas oder Gasgemisch durch das Zentralrohr bis in die Wirbelmischkammer mitgeführt wird. Selbstverständlich können in dem Reaktor auch zwei oder mehr Zentralrohre mit unterschiedlichen oder gleichen Ausmaßen und Form vorgesehen sein. Vorzugsweise ist jedoch wenigstens eines der Zentralrohre, bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors, in etwa mittig angeordnet ist.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist dem Reaktor ein Abscheider, insbesondere ein Zyklon, zur Abtrennung von Feststoffen nachgeschaltet, wobei der Abscheider eine zu der Ringwirbelschicht des Reaktors und/oder eine zu dem Kühlsystem führende Feststoffleitung aufweist. Um das fertige Produkt auch direkt aus dem Reaktor entnehmen zu können, ist erfindungsgemäß ferner eine von der Ringwirbelschicht zu dem Reaktor führende Feststoffleitung vorgesehen.

Um eine zuverlässige Fluidisierung des Feststoffes und die Ausbildung einer stationären Wirbelschicht zu ermöglichen, ist in der ringförmigen Kammer des Reaktors ein Gasverteiler vorgesehen, welcher die Kammer in eine obere Ringwirbelschicht und eine untere Gasverteilerkammer unterteilt, wobei die Gasverteilerkammer mit einer Zufuhrleitung für Fluidisierungsgas verbunden ist. Anstelle der Gasverteilerkammer kann auch ein aus Rohren und/oder Düsen aufgebauter Gasverteiler vorgesehen sein.

Zur Einstellung der notwendigen Prozesstemperaturen in dem Reaktor ist diesem eine Brennkammer mit Zufuhrleitungen für Brennstoff, Sauerstoff und/oder erwärmtes Gas vorgeschaltet, deren Abgas zur Erwärmung des Reaktors in das Zentralrohr geleitet wird.

5

Hinter dem Reaktor ist ein Kühlsystem bestehend aus direkten und/oder indirekten Kühlstufen, insbesondere Kühlzyklonen und/oder Wirbelschichtkühlern, angeordnet. Bei den direkten Kühlstufen tritt das Kühlmedium mit dem zu kühlenden Produkt unmittelbar in Kontakt. Dabei können auch während des Kühlprozesses noch gewünschte Reaktionen, bspw. Produktveredelungen, durchgeführt werden. Zudem ist die Kühlwirkung bei direkten Kühlstufen besonders gut. Bei indirekten Kühlstufen findet die Kühlung mittels eines durch eine Kühlschlange strömendes Kühlmedium statt. Um das bei der Kühlung erwärmte Gas auch in dem Prozess selbst verwerten zu können, weist eine Kühlstufe mindestens eine in eine Vorwärmstufe, in die Wirbelmischkammer, in die Gasverteilerkammer und/oder in die Brennkammer führende Zufuhrleitung auf.

10

15

20

25

30

In der Ringwirbelschicht und/oder der Wirbelmischkammer des Reaktors können erfindungsgemäß Einrichtungen zum Umlenken der Feststoff- und/oder Fluidströme vorgesehen sein. So ist es bspw. möglich, ein ringförmiges Wehr, dessen Durchmesser zwischen dem des Zentralrohrs und dem der Reaktorwand liegt, derart in der Ringwirbelschicht zu positionieren, dass die Oberkante des Wehrs über das sich im Betrieb einstellende Feststoffniveau ragt, während die Unterkante des Wehrs im Abstand zu dem Gasverteiler oder dgl. angeordnet ist. Feststoffe, die in der Nähe der Reaktorwand aus der Wirbelmischkammer ausregnen, müssen so zunächst das Wehr an dessen Unterkante passieren, bevor sie von der Gasströmung des Zentralrohrs wieder in die Wirbelmischkammer mitgerissen werden können. Auf diese Weise wird ein Feststoffaustausch in der Ringwirbelschicht erzwungen, so dass sich eine gleichmäßigere Verweilzeit des Feststoffs in der Ringwirbelschicht einstellt.

Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnungen. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Anhand von Fig. 1 werden die Anlage und das Verfahren zur Wärmebehandlung von Feststoffen, wie bspw. Gips, zunächst allgemein zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Funktionsweise beschrieben.

Die Anlage weist zur Wärmebehandlung, insbesondere einer Kalzinierung, von Feststoffen einen bspw. zylindrischen Reaktor 1 mit einem in etwa koaxial mit der Längsachse des Reaktors angeordneten Zentralrohr 3 auf, welches sich vom Boden des Reaktors 1 aus im Wesentlichen vertikal nach oben erstreckt. Im Bereich des Bodens des Reaktors 1 ist ein ringförmiger Gasverteiler 36 vorgesehen, in den Zufuhrleitungen 27 und 37 münden. In dem vertikal oberen Bereich des Reaktors 1, der eine Wirbelmischkammer 21 bildet, ist eine Aus-

trittsleitung 4 angeordnet, die in einen als Zyklon ausgebildeten Abscheider 5 mündet.

5 Wird nun Feststoff über die Feststoffleitung 9 in den Reaktor 1 eingebracht, bildet sich auf dem Gasverteiler 36 eine das Zentralrohr 3 ringförmig umgeben-
de Schicht aus, die als Ringwirbelschicht 2 bezeichnet wird. Sowohl der Reaktor 1 als auch das Zentralrohr 3 können selbstverständlich auch einen anderen als
10 den bevorzugten runden Querschnitt haben, solange die Ringwirbelschicht 2 das Zentralrohr 3 wenigstens teilweise umgibt. Durch die Zufuhrleitung 27, 37 eingeleitetes Fluidisierungsgas strömt durch den Gasverteiler 36 und fluidisiert
die Ringwirbelschicht 2, so dass sich ein stationäres Wirbelbett ausbildet. Vor-
zugsweise ist der Gasverteiler 34 dazu als Düsenrost mit einer größeren Anzahl
15 einzelner Düsen ausgebildet, die an die Zufuhrleitungen 27, 37 angeschlossen sind. In einer einfacheren Ausführungsform kann der Gasverteiler 34 auch als Rost mit einer darunter befindlichen Gasverteilerkammer ausgebildet sein. Die
Geschwindigkeit der dem Reaktor 1 zugeführten Gase wird dabei so eingestellt,
dass die Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht 2 etwa 0,3 beträgt.

20 Durch die Zufuhr von weiterem Feststoff in die Ringwirbelschicht 2 steigt das Feststoff-Niveau in dem Reaktor 1 so weit an, dass Feststoff an die Mündung des Zentralrohres 3 gelangt. Durch das Zentralrohr 3 wird gleichzeitig ein heißes Gas oder Gasgemisch in den Reaktor 1 eingeleitet, das in einer vorgeschalteten Brennkammer 26 durch Verbrennung gasförmiger, flüssiger oder fester Brenn-
stoffe erzeugt wird. Die Geschwindigkeit des dem Reaktor 1 durch das Zentral-
25 rohr 3 zugeführten heißen Gases wird vorzugsweise so eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Zentralrohr 3 etwa 10 und in der Wirbelmischkammer 21 etwa 3,0 beträgt.

30 Aufgrund einer Überhöhung des Feststoff-Niveaus der Ringwirbelschicht 2 gegenüber der Oberkante des Zentralrohres 3 läuft Feststoff über diese Kante in

das Zentralrohr 3 hin über. Die Oberkante des Zentralrohres 3 kann hierbei gerade oder anders geformt, bspw. gezackt, sein oder seitliche Öffnungen aufweisen. Aufgrund der hohen Gasgeschwindigkeiten reißt das durch das Zentralrohr 3 strömende Gas beim Passieren des oberen Mündungsbereichs Feststoff aus der stationären Ringwirbelschicht 2 in die Wirbelmischkammer 21 mit, wodurch sich eine intensiv durchmischte Suspension ausbildet. Durch den intensiven Stoff- und Wärmeaustausch zwischen dem Gasstrom und dem Feststoff in der Wirbelmischkammer 21 wird der vorher kältere Feststoff durch den wärmeren Gasstrom besonders gut erwärmt und der Gasstrom dabei abgekühlt. Falls der Feststoff wärmer ist als der Gasstrom, findet entsprechend dem erfindungsgemäßen Prinzip eine Kühlung des Feststoffes statt.

Infolge der Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit durch die Expansion des Gasstrahls in der Wirbelmischkammer 21 und/oder durch Auftreffen auf eine der Reaktorwände verlieren die mitgerissenen Feststoffe rasch an Geschwindigkeit und fallen teilweise wieder in die Ringwirbelschicht 2 zurück. Dabei stellt sich zwischen den Reaktorbereichen der stationären Ringwirbelschicht 2 und der Wirbelmischkammer 21 eine Feststoffkreislaufströmung ein. Aufgrund dieser Feststoffkreislaufströmung zirkuliert der zu behandelnde Feststoff besonders lange in dem Reaktor 1, wobei gleichzeitig die sehr gute Wärmeübertragung in der Wirbelmischkammer 21 ausgenutzt werden kann.

Der nicht aus dem Gasstrom oberhalb des Zentralrohres 3 in der Wirbelmischkammer 21 ausgeschiedene und direkt in die Ringwirbelschicht 2 zurückgeführte Feststoff wird mit dem heißen Gasstrom aus dem Reaktor 1 nach oben durch eine Austrittsleitung 4 ausgetragen, in einem als Zyklon ausgebildeten Abscheider 5 von dem Gasstrom getrennt und zumindest teilweise durch die Feststoffrückführleitung 6 in die Ringwirbelschicht 2 zurückgeführt.

Der zu behandelnde Feststoff wird insgesamt also auf zwei Arten in die Ringwirbelschicht 2 zurückgeführt: nach Abscheidung aus dem Gasstrom in der Wirbelmischkammer 21 und nach Abscheidung in dem Abscheider 5 durch die Feststoffrückführleitung 6.

5

Der Wärmeinhalt des den Abscheider 5 verlassenden Gasstromes wird in einem mehrstufigen, im vorliegenden Fall zweistufigen System aus Vorwärmstufen 32, 33 ausgenutzt, die aus Wärmetauschern 40, 10 mit nachgeordneten Abscheidern 12, 8 aufgebaut sind. Dabei wird der zu behandelnde Feststoff als Rohmaterial dem abgasseitig letzten, als Venturitrockner ausgebildeten Wärmetauscher 10 zugeführt. Dort wird der zugeführte Feststoff in dem Abgas des Abscheiders 8 der vorgeschalteten (zweitletzten) Vorwärmstufe 32 suspendiert, getrocknet, vorgewärmt und durch eine Feststoffleitung 11 zu dem Abscheider 12 geleitet. Der dort abgeschiedene Feststoff wird durch eine Feststoffleitung 13 dem Wärmetauscher 40 der zweitletzten Vorwärmstufe 32 zugeführt, während das Abgas entweicht. Der Feststoff wird nun von dem den Abscheider 5 verlassenden Abgas suspendiert, weiter vorgewärmt und durch die Feststoffleitung 7 dem Abscheider 8 zugeführt. Der dort abgeschiedene, vorgewärmte Feststoff wird durch die Feststoffleitung 9 der Ringwirbelschicht 2 des Reaktors 1 zugeführt, wobei das Abgas des Abscheiders 8 wiederum der letzten Vorwärmstufe 33 zugeleitet wird.

10

15

20

Die der zu behandelnden, in den Venturitrockner 10 eingetragenen Feststoffmenge entsprechende Produktmenge wird nach der Wärmebehandlung in dem Reaktor 1 entweder direkt aus der Ringwirbelschicht 2 durch die Produktzufuhrleitung 14 oder aus der Feststoffrückführleitung 6 durch die Produktzufuhrleitung 15 einem Kühlsystem 34 zugeführt. Dieses Kühlsystem 34 besteht aus einer Anordnung von direkten und/oder indirekten Kühlstufen 35, 19 mit Wärmetauschern, bspw. Kühlzyklonen oder Wirbelschichtkühlern, durch die im Prozess benötigte Luft vorgewärmt und im Prozess nicht mehr verwendbare

25

30

Produktwärme abgeführt wird. Die Auswahl der Art und Anzahl der einzelnen Kühlstufen 35, 19 bzw. deren Kühlaggregate hängt im Wesentlichen von dem Verhältnis der im Prozess benötigten Luftmenge zu der zu kühlenden Produktmenge ab.

5

In der ersten Kühlstufe 35 wird das zu kühlende Produkt durch die Produktzufuhrleitungen 14, 15 einer Steigleitung 16 zugeführt. In dieser Steigleitung 16 und dem nachfolgenden Kühlzyklon 17 wird das Produkt gekühlt, danach abgeschieden und durch eine Feststoffleitung 18 einem mehrstufigen Wirbelschichtkühler 19 zugeführt. Die als Fluidisierungsgas für den Wirbelschichtkühler 19 erforderliche Luft wird durch eine an ein Gebläse angeschlossene Luftleitung 20 den einzelnen Stufen des Wirbelschichtkühlers 19 zugeführt, dort bei der Abkühlung des Produktes erwärmt und durch die Steigleitung 16 zu dem Kühlzyklon 17 geleitet. In der Steigleitung 16 wird diese Wirbelluft weiter erwärmt, wobei das Produkt abgekühlt wird. Hier wird also die erwärmte Luft der zweiten Kühlstufe 19 der ersten Kühlstufe 35 zugeleitet. Nach der Entstaubung im Zyklon 17 wird die erwärmte Luft (Wirbelluft) entweder durch Zufuhrleitung 22 in den Reaktor 1 oder durch Zufuhrleitung 41 in den als Venturi-Vorwärmer ausgebildeten Wärmetauscher 40 geleitet.

10

15

20

In dem mehrstufigen Wirbelschichtkühler 19 wird das Produkt zunächst in einer oder mehreren Stufen im Gegenstrom zu der Verbrennungsluft gekühlt, wobei sowohl eine indirekte Kühlung durch die Luftleitung 23 und eine als Wärmetauscher-Element ausgebildete Kühlschlange 24 als auch eine direkte Kühlung durch die Luftleitung 20 und die dadurch in den einzelnen Stufen eingespeiste Wirbel- oder Fluidisierungsluft stattfindet. Die bei der indirekten Kühlung erwärmte Luft wird durch die Zufuhrleitung 25 der Brennkammer 26 und wahlweise auch durch die Zufuhrleitung 27 der Ringwirbelschicht als Fluidisierungsgas zugeführt. In der Brennkammer 26 wird über die Brennstoffleitung 42 zugeführter Brennstoff mit der aus dem Kühlstufen erwärmten Luft und gegebenenfalls

25

30

über die Luftzufuhr 28 zugeführter zusätzlicher Luft verbrannt. Das Abgas der Brennkammer wird durch die Gasstromleitung 29 zu dem Zentralrohr 3 geleitet und als erstes Gas bzw. Gasgemisch in die Wirbelmischkammer 21 geführt.

- 5 Das Produkt wird in dem Wirbelschichtkühler 19 in einer oder mehreren Stufen im Gegenstrom zu einem durch eine Kühlschlange 31 fließenden Kühlmedium, bspw. Wasser, indirekt und durch die Wirbelluft in den einzelnen Stufen direkt gekühlt, bis die gewünschte Endtemperatur erreicht ist. Das Kühlmedium wird der Kühlschlange 31 über Leitung 30 zugeführt und anschließend über Leitung
10 45 wieder abgeführt.

- Ein besonderer Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die Vorteile einer stationären Wirbelschicht (Ringwirbelschicht) und einer zirkulierenden Wirbelschicht in einer Wirbelmischkammer optimal ausgenutzt werden und gleichzeitig
15 die durch die Kühlung des Produkts erzeugte Abwärme dem Reaktor zur Energieeinsparung wieder zugeführt wird.

Beispiel (Kalzinierung von Gips)

5 Anhand von Fig. 2, das eine zu Fig. 1 ähnliche Anlage zeigt, wird nachfolgend die Kalzinierung von REA-Gips zu wasserfreiem Anhydrit detailliert beschrieben. Über die Förderschnecke 38 wird feuchter Gips mit einem Volumenstrom von bspw. 42 t/h aus einem Vorratsbunker 39 in den Venturitrockner 10 eingetragen und durch Abgas aus dem Zyklon 8 suspendiert, getrocknet und über die Feststoffleitung 11 einem als Zyklon ausgebildeten Abscheider 12 zugeführt. Das
10 Abgas aus dem Zyklon 12 wird einem Schlauchfilter 43 zugeleitet, dort vollständig von Feststoffen befreit und durch ein Abgasgebläse 44 über einen Kamin ausgeblasen.

15 Der in dem Zyklon 12 und dem Schlauchfilter 43 abgeschiedene trockene Gips wird über Feststoffleitungen 13 zu einem zweiten Venturitrockner 40 geleitet, weiter erwärmt, im Zyklon 8 von Abgas getrennt und durch die Feststoffleitung 9 in die Wirbelschicht 2 des Reaktors 1 eingetragen. In der Brennkammer 26 werden ca. 36.000 Nm³/h Heißgas mit einer Temperatur von ca. 1.130 °C erzeugt und durch die Gasstromleitung 29 dem Reaktor 1 zugeführt. Das Heißgas
20 kühlt im Reaktor 1 auf ca. 750 °C ab. Dabei wird der in den Reaktor eingetragene Gips, der eine Korngröße von weniger als Z?? mm aufweist, auf ca. 750 °C erwärmt und zu Anhydrit kalzinert. Der Feststoff wird mit den Abgasen des Reaktors 1 in den Rückführzyklon 5 (Abscheider) transportiert, dort abgeschieden und zum größten Teil durch die Feststoffrückführleitung 6 in die Ringwirbel-
25 schicht 2 des Reaktors 1 zurückgeführt.

Der Teilstrom der Anhydrit-Produktmenge, welcher der in den Reaktor 1 eingetragenen Gipsmenge entspricht, wird durch die Produktzufuhrleitung 15 der zu dem Kühlzyklon 17 der ersten Kühlstufe 35 gehörenden Steigleitung 16 zuge-
30 führt. Der Anhydrit wird in dem Kühlzyklon 17 auf ca. 600 °C gekühlt und durch

die Feststoffleitung 18 zu einer ersten Kammer des Wirbelschichtkühlers 19 geführt. Die Abluft des Kühlzyklons 17 wird durch die Zufuhrleitung 41 zu dem Venturitrockner 40 geführt.

5 In dem Wirbelschichtkühler 19 wird der Anhydrit in Stufen auf ca. 80 °C gekühlt. Die Produktmenge beträgt ca. 30 t/h. Bei der Kühlung des Anhydrit wird die durch die Luftleitung 23 zugeführte Brennerluft (ca. 14.000 Nm³/h) in als Kühl-
10 schlangen 24 ausgebildeten Wärmetauscherbündeln, welche in den ersten zwei Kammern des Wirbelschichtkühlers 19 eingebaut sind, indirekt auf ca. 450 °C erwärmt. Diese Luft wird durch die Zufuhrleitung 25 der Brennkammer 26 zuge-
15 führt. Als Brennstoff werden der Brennkammer 26 ca. 1.300 Nm³/h Erdgas durch die Brennstoffleitung 42 zugeführt. Zusätzlich wird durch die Luftzufuhr 28 weitere Verbrennungsluft (ca. 21.000 Nm³/h) in die Brennkammer eingeblasen. Die Brennstoffmenge und die Verbrennungsluftmenge werden so eingestellt, dass am Austritt der Brennkammer 26 eine Heißgastemperatur von ca. 1.130 °C und die gewünschte Reaktortemperatur von ca. 750 °C erreicht werden.

20 Die Endkühlung des Anhydrit geschieht in den letzten zwei Kammern des Wirbelschichtkühlers 19. Kühlwasser wird durch die Leitung 30 den in zwei Kammern als Kühlschlange 31 eingebauten Kühlbündeln zugeführt und durch die Leitung 45 zurückgeführt. Die benötigte Fluidisierungs- bzw. Wirbelluft wird dem Wirbelschichtkühler 19 durch die Leitung 20 zugeführt.

Bezugszeichenliste:

	1	Reaktor		24	Kühlschlange
	2	Ringwirbelschicht		25	Zufuhrleitung
5	3	Zentralrohr		26	Brennkammer
	4	Austrittsleitung		27	Zufuhrleitung
	5	Abscheider	30	28	Luftzufuhr
	6	Feststoffrückführleitung		29	Gasstromleitung
	7	Feststoffleitung		30	Leitung
10	8	Abscheider		31	Kühlschlange
	9	Feststoffleitung		32	Vorwärmstufe
	10	Wärmetauscher	35	33	Vorwärmstufe
	11	Feststoffleitung		34	Kühlsystem
	12	Abscheider		35	Kühlstufe
15	13	Feststoffleitung		36	Gasverteiler
	14	Produktzufuhrleitung		37	Zufuhrleitung
	15	Produktzufuhrleitung	40	38	Förderschnecke
	16	Steigleitung		39	Vorratsbunker
	17	Kühlzyklon		40	Wärmetauscher
20	18	Feststoffleitung		41	Zufuhrleitung
	19	Kühlstufe, Wirbelschichtkühler		42	Brennstoffleitung
	20	Luftleitung	45	43	Schlauchfilter
	21	Wirbelmischkammer		44	Abgasgebläse
	22	Zufuhrleitung		45	Leitung
25	23	Luftleitung			

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen, insbesondere Gips, bei dem die Feststoffe in einem Reaktor (1) mit Wirbelschicht auf eine Temperatur von 150 bis 1000 °C erhitzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein vorzugsweise zentrales Gaszufuhrrohr (3) in eine Wirbelmischkammer (21) des Reaktors (1) eingeführt wird, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (2) umgeben wird, und dass die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (2) derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht (2) zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer (21) zwischen 0,3 und 30 betragen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1,15 und 20 beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht (2) zwischen 0,115 und 1,15 beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Wirbelmischkammer (21) zwischen 0,37 und 3,7 beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Füllstand der Feststoffe in dem Reaktor (1) so eingestellt wird, dass sich die Ringwirbelschicht (2) über das obere Mündungsende des Gaszufuhrrohrs (3) hinaus erstreckt und dass ständig Feststoff in das erste

Gas oder Gasgemisch eingetragen und von dem Gasstrom zu der oberhalb des Mündungsbereichs des Gaszufuhrrohres (3) befindlichen Wirbelmischkammer (21) mitgeführt wird.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Ausgangsmaterial feinkörniger Feststoff, bspw. feuchter Gips, mit einer Korngröße von weniger als 0,2 mm zugeführt wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) über das Gaszufuhrrohr (3) heißes Gas zugeführt wird, das in einer vorgeschalteten Brennkammer (26) durch Verbrennung von zugeführtem Brennstoff ggf. unter Beimischung eines sauerstoffhaltigen Gases erzeugt wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) als Fluidisierungsgas Luft zugeführt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck im Reaktor (1) zwischen 0,8 und 10 bar beträgt.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Feststoffe vor der Wärmebehandlung in dem Reaktor (1) in wenigstens einer Vorwärmstufe (32, 33), bestehend aus einem Wärmetauscher (6, 10) und einem nachgeschalteten Abscheider (8, 12), suspendiert, getrocknet und/oder vorgewärmt werden.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt nach der Wärmebehandlung in dem Reaktor (1) aus der Ringwirbelschicht (2) des Reaktors (1) und/oder einem dem Reaktor (1) nachgeschalteten Abscheider (5) zumindest teilweise einem Kühlsystem (34)

zugeführt wird, welches insbesondere aus einer Anordnung von mehreren nacheinandergeschalteten Kühlstufen (35, 19) besteht.

5 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt in einer Kühlstufe (19) mindestens eine Wirbelschicht ausbildet, in der es durch ein Fluidisierungsgas, insbesondere Luft, und/oder eine in der Wirbelschicht ausgebildete Kühlschlange (24, 31) mit Kühlmedium, insbesondere Wasser, gekühlt wird.

10 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in einer Kühlstufe (19, 17) erwärmte Gas einer vorgeschalteten Kühlstufe (17), dem Reaktor (1), der Brennkammer (26) und/oder einer Vorwärmstufe (32) zugeführt wird.

15 14. Anlage zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor (1) zur Wärmebehandlung, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor (1) ein Gaszuführungssystem aufweist, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht (2), die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer (21) mitreißt.

20 15. Anlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszuführungssystem ein sich vom unteren Bereich des Reaktors (1) im Wesentlichen vertikal nach oben bis in die Wirbelmischkammer (21) des Reaktors (1) erstreckendes Gaszufuhrrohr (3) aufweist, wobei das Gaszufuhrrohr (3) von einer wenigstens teilweise um das Gaszufuhrrohr herumführenden Kammer, in der eine stationäre Ringwirbelschicht (2) ausgebildet ist, umgeben ist.

16. Anlage nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszufuhrrohr (3), bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors (1), in etwa mittig angeordnet ist.

5 17. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) ein Abscheider (5) zur Abtrennung von Feststoffen nachgeschaltet ist, und dass der Abscheider (5) eine zu der Ringwirbelschicht (2) des Reaktors (1) führende Feststoffleitung (6) und/oder eine zu dem Kühlsystem (34) führende Feststoffleitung (15) aufweist.

10 18. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine von der Ringwirbelschicht (2) des Reaktors (1) zu dem Kühlsystem (34) führende Feststoffleitung (14) vorgesehen ist.

15 19. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der ringförmigen Kammer des Reaktors (1) ein Gasverteiler (36) vorgesehen ist, welcher die Kammer in eine obere Ringwirbelschicht (2) und einen unteren Gasverteiler (36) unterteilt, und dass der Gasverteiler (36) mit einer Zufuhrleitung (37, 27) für Fluidisierungsgas verbunden ist.

20 20. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) eine Brennkammer (26) mit Zufuhrleitungen (27, 28, 25) für Brennstoff, Sauerstoff und/oder erwärmtes Gas vorgeschaltet ist, deren Abgas in das Gaszufuhrrohr (3) geleitet wird.

25 21. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (1) ein Kühlsystem (34) bestehend aus direkten und/oder indirekten Kühlstufen (35, 19), insbesondere Kühlzyklonen und/oder Wirbelkühlern, nachgeschaltet ist.

FIG. 1

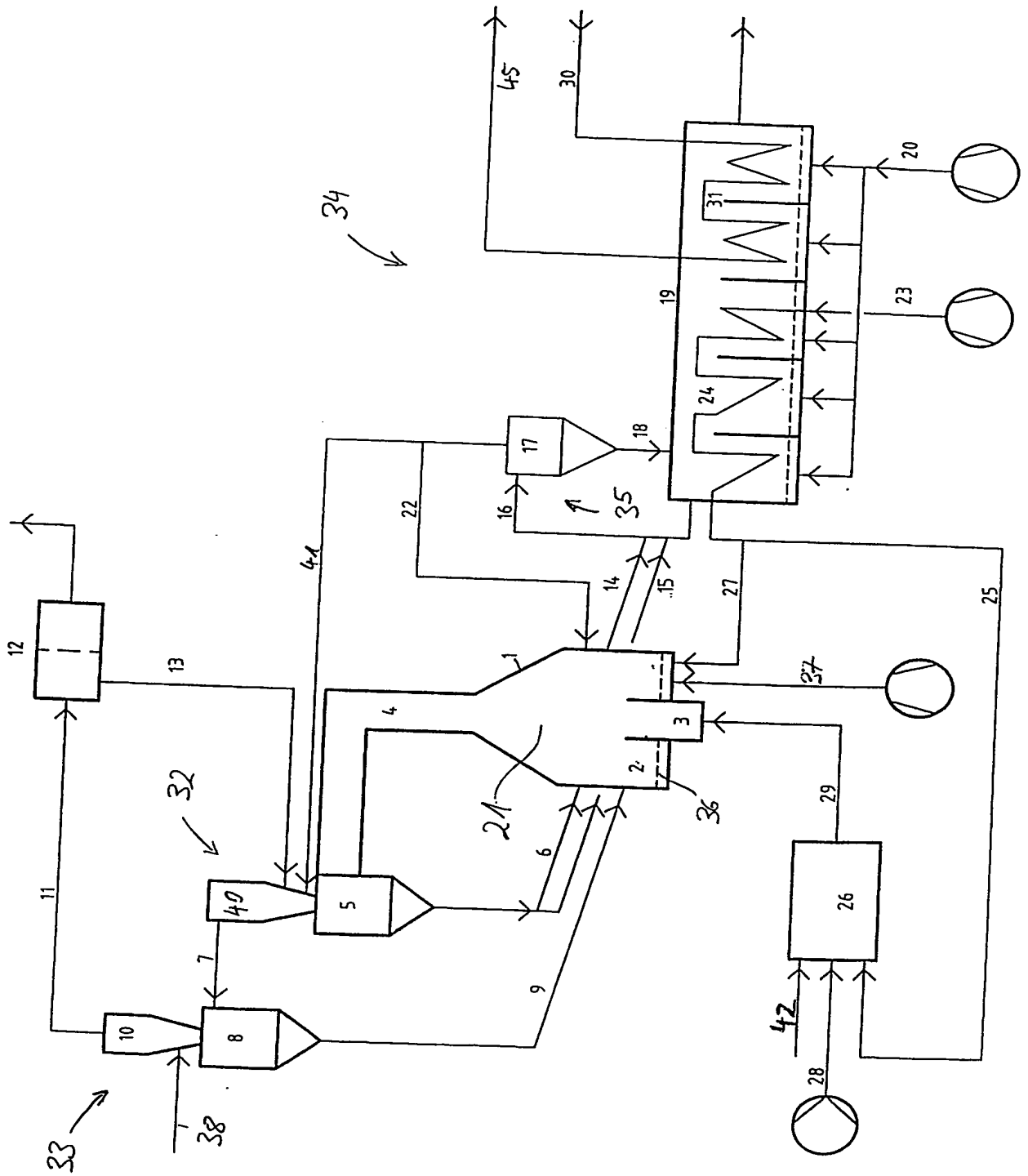
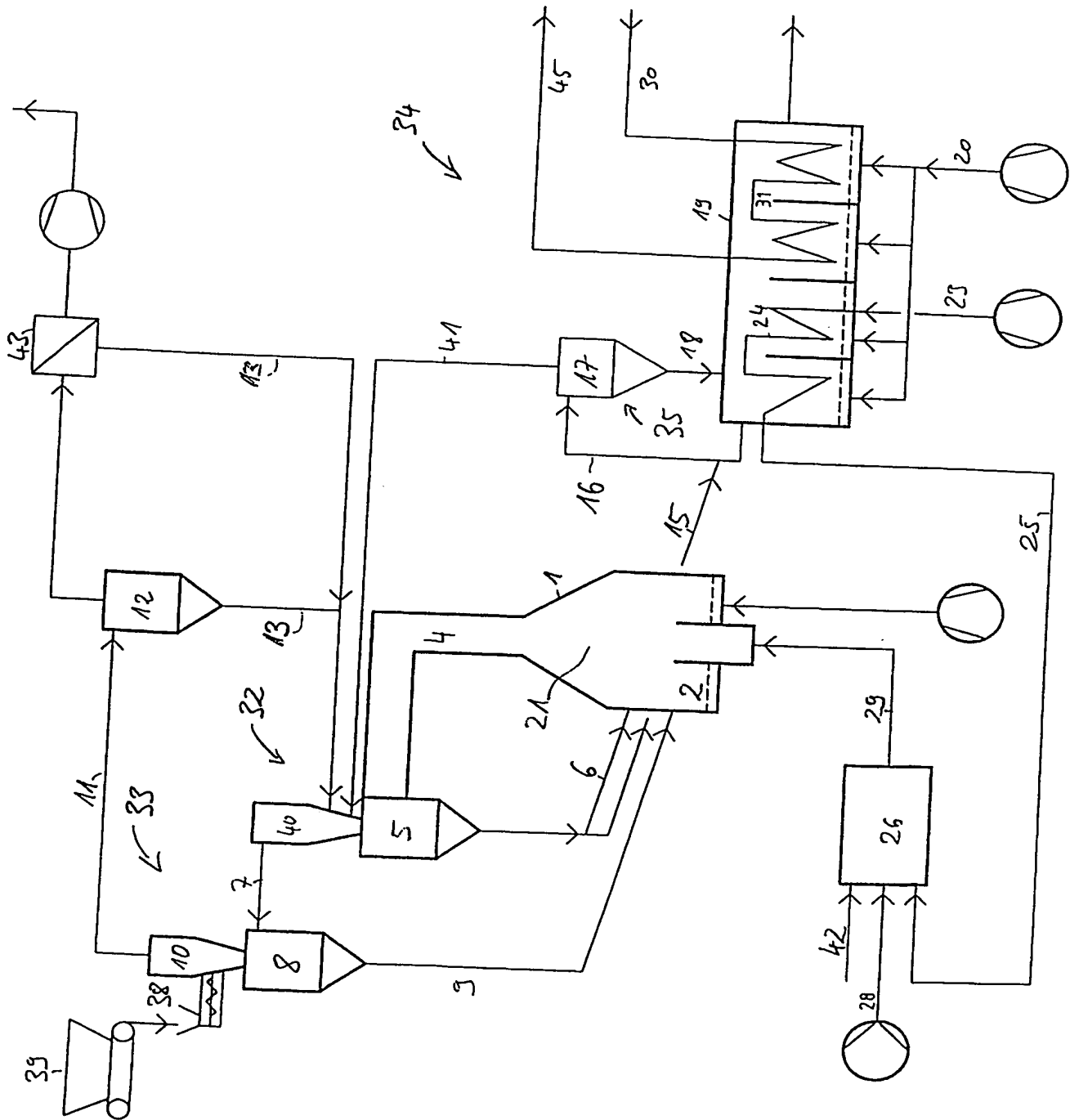


FIG. 2



Outokumpu Oyj
Riihitontuntie 7

02200 Espoo
Finnland

Zusammenfassung:

Verfahren und Anlage zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von feinkörnigen Feststoffen, insbesondere Gips, bei dem die Feststoffe in einem Reaktor (1) mit Wirbelschicht auf eine Temperatur von 150 bis 1000 °C erhitzt werden, sowie eine entsprechende Anlage. Um die Energieausnutzung zu verbessern, wird vorgeschlagen, ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein vorzugsweise zentrales Gaszufuhrrohr (3) in eine Wirbelmischkammer (21) des Reaktors (1) einzuführen, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (2) umgeben wird, und die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (2) derart einzustellen, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht (2) zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer (21) zwischen 0,3 und 30 betragen. (Fig. 1)

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**